(19)日本国特許庁（ＪＰ）

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号
特開2001－239947
（P2001－239947A)

(43)公開日　平成13年９月４日(2001.9.4)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	F I	テーマコード゛(参考)
Ｂ６２Ｄ　6/00		Ｂ６２Ｄ　6/00	３Ｄ０３２
5/04		5/04	３Ｄ０３３
// Ｂ６２Ｄ 101:00		101:00	
117:00		117:00	
119:00		119:00	

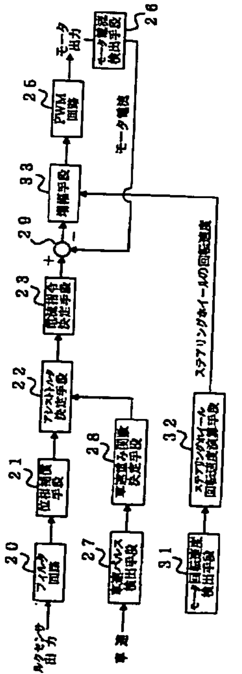
審査請求　未請求　請求項の数３　ＯＬ　（全　８　頁）

(21)出願番号	特願2000－52805(P2000－52805)	(71)出願人	000003470 豊田工機株式会社 愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地
(22)出願日	平成12年２月29日(2000.2.29)	(72)発明者	竹内　真司 愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地　豊田工機株式会社内
		(72)発明者	高橋　俊博 愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地　豊田工機株式会社内
		(74)代理人	100095795 弁理士　田下　明人　(外１名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電気式動力舵取装置

(57)【要約】
【課題】　走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る電気式動力舵取装置を提供する。
【解決手段】　電気式動力舵取装置では、電流指令決定手段２３により決定した電流指令値とモータ電流検出手段２６により検出したモータ電流との偏差に基づいて、増幅手段３３によりモータを帰還制御する一方、この増幅手段３３の帰還応答特性は、ステアリングホイール回転速度演算手段３２によるステアリングホイールの回転速度に対応して増幅手段３３の重み付けマップおよび乗算器により変更される。これにより、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制することができる。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項１】　ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基づいて操舵力を補うモータを備えた電気式動力舵取装置であって、

前記操舵トルクに基づいて前記モータへの電流指令値を決定する電流指令手段と、

前記モータに流れるモータ電流を検出する電流検出手段と、

前記電流指令値と前記モータ電流との偏差に基づいて前記モータを帰還制御するモータ制御手段と、

前記ステアリングホイールの回転速度を検出する回転速度検出手段と、

前記回転速度検出手段により検出した前記ステアリングホイールの回転速度に対応して前記モータ制御手段の帰還応答特性を変更する応答特性変更手段と、

を備えることを特徴とする電気式動力舵取装置。

【請求項２】　前記応答特性変更手段は、

前記ステアリングホイールの回転速度に対して行われる重み付け演算であることを特徴とする請求項１記載の電気式動力舵取装置。

【請求項３】　前記モータ制御手段は、増幅手段であり、

前記応答特性変更手段は、前記ステアリングホイールの回転速度に対して行われる前記増幅手段の増幅利得の変更であることを特徴とする請求項１記載の電気式動力舵取装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】本発明は、ステアリングホイールによる操舵力をモータによってアシストする電気式動力舵取装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】従来の電気式動力舵取装置は、図５に示すような構成を採用していた。即ち、操舵トルクを検出するトルクセンサから出力されたトルク信号は、フィルタ回路２０によりノイズ成分が除去され、さらに位相補償手段２１によりトルクセンサ出力に対する応答性を速くするために位相が進められた後、アシストトルク決定手段２２に入力される。一方、車速を検出する車速パルス検出手段２７から出力された車速信号は、車速重み関数決定手段２８により車速に応じた重み付けをされた後、アシストトルク決定手段２２に入力される。

【０００３】アシストトルク決定手段２２では、位相補償されたトルク信号と重み付けされた車速信号とに基づいて、操舵力を補助するためにモータに発生させるトルク（以下「アシストトルク」という。）に対応する電流値を決定し、電流指令決定手段２３に出力する。そして、電流指令決定手段２３では、この電流値に基づいてモータに送出すべき電流指令値を決定する。

【０００４】このように決定された電流指令値は、増幅手段２４により所定のゲインで増幅された後、ＰＷＭ回路２５により電流指令値に対応するパルス幅を有するパルス信号に変換され、モータに出力される。そして、このモータに流れたモータ電流は、モータ電流検出手段２６により検出された後、増幅手段２４の前段に設けられた加算回路２９に帰還され、電流指令値とモータ電流の検出値とが一致するように新たに与えられるモータ電流がフィードバック制御される。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】ここで、図４に示すように、操舵速度（周波数）に対する電流ループの周波数応答ゲインの関係、即ち増幅手段２４から出力されたモータ電流値に対する実際にモータに流れた電流応答の関係に着目すると、一般的に、電流指令値の周波数が高くなるにつれてモータに流れる電流の応答が遅くなる特性を有する。

【０００６】これにより、ステアリングホイールを急激に切ったときに、電流指令値に対してモータに流れる電流の応答が遅れるため、モータによる操舵力のアシストが遅れて「ハンドルが急に重くなった」という操舵感を運転者に与えるものである。この反面、モータに流れる電流の応答速度を向上させると（図４に示す右下がり特性部分を破線αにしたもの）、急操舵にも遅れることなくモータによる操舵力のアシストが可能になる代わりに、モータの電流に含まれる高周波成分やノイズによりステアリングホイールの振動やモータのうなり音として現れ、運転者等に不快感を与えるものである。つまり、「急操舵にも遅れることなく操舵力をアシストすること」と、「ステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制すること」とは互いに背反関係にある要求である。

【０００７】このような要求が存在するなか、図５に示したような従来の電気式動力舵取装置では、電流指令決定手段２３により決定された電流指令値は、増幅手段２４により「所定のゲイン」で増幅される構成を採る。つまり、増幅手段２４の増幅利得は固定されているため、図４に示す右下がり特性部分は、斜線領域内のいずれかで固定された特性に設定される。そのため、互いに背反関係にある「急操舵にも遅れることなく操舵力をアシストすること」および「ステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制すること」のいずれかを重視した設計にならざるを得ないという技術的な問題点を抱えている。

【０００８】特に停車時には、走行時に比べて周囲の雑音が気になり易いところ、ステアリングホイールの振動やモータのうなり音は耳障りな雑音となって運転者等の乗員の耳に達する。そのため、「ステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制すること」は、より快適な車内空間を乗員に提供するためにも解決すべき課題である。

【０００９】本発明は、上述した課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る電気式動力舵取装置を提供することにある。

【００１０】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項１の電気式動力舵取装置では、ステアリングシャフトに発生する操舵トルクに基づいて操舵力を補うモータを備えた電気式動力舵取装置であって、前記操舵トルクに基づいて前記モータへの電流指令値を決定する電流指令手段と、前記モータに流れるモータ電流を検出する電流検出手段と、前記電流指令値と前記モータ電流との偏差に基づいて前記モータを帰還制御するモータ制御手段と、前記ステアリングホイールの回転速度を検出する回転速度検出手段と、前記回転速度検出手段により検出した前記ステアリングホイールの回転速度に対応して前記モータ制御手段の帰還応答特性を変更する応答特性変更手段と、を備えることを技術的特徴とする。

【００１１】また、請求項２の電気式動力舵取装置では、請求項１において、前記応答特性変更手段は、前記ステアリングホイールの回転速度に対して行われる重み付け演算であることを技術的特徴とする。

【００１２】さらに、請求項３の電気式動力舵取装置では、請求項１において、前記モータ制御手段は、増幅手段であり、前記応答特性変更手段は、前記ステアリングホイールの回転速度に対して行われる前記増幅手段の増幅利得の変更であることを技術的特徴とする。

【００１３】請求項１の発明では、電流指令手段、電流検出手段、モータ制御手段および応答特性変更手段を備える。これにより、電流指令手段により決定した電流指令値と電流検出手段により検出したモータ電流との偏差に基づいて、モータ制御手段によりモータを帰還制御する一方、このモータ制御手段の帰還応答特性は、ステアリングホイールの回転速度に対応して応答特性変更手段により変更される。つまり、ステアリングホイールの操舵力を補うモータは、ステアリングホイールの回転速度に対応して変更される帰還応答特性を有する帰還制御によって、電流指令値とモータ電流との偏差に基づいて制御される。

【００１４】請求項２の発明では、応答特性変更手段は、ステアリングホイールの回転速度に対して行われる重み付け演算であることから、その重み付けの設定により帰還応答特性の変更を任意に行うことができる。これにより、一定の関数に基づいて帰還応答特性を変更する場合に比べ、帰還応答特性の変更を高い自由度で設定することができる。

【００１５】請求項３の発明では、モータ制御手段は増幅手段であり、応答特性変更手段はステアリングホイールの回転速度に対して行われる増幅手段の増幅利得の変更であることから、モータ制御手段としての増幅手段の増幅利得を変更することにより帰還応答特性の変更を任意に行うことができる。これにより、モータ制御手段として増幅手段を用いるという一般的な構成を変えることなく、その増幅利得の上げ下げによって帰還応答特性の変更を任意に設定することができる。

【００１６】

【発明の実施の形態】以下、本発明の電気式動力舵取装置の実施形態について図を参照して説明する。なお、以下の実施形態では、本発明の電気式動力舵取装置として、自動車等の車両に備えられた電気式動力舵取装置を例に挙げて説明する。また、図５に示した従来の電気式動力舵取装置と同一の構成については、同一の符号を用いるものとし、その説明を省略する。

【００１７】まず、電気式動力舵取装置の主な電気的構成を図１に基づいて説明する。トルクセンサ１１は、車両の操舵ステアリングに連結された入力軸と操舵機構に連結された出力軸とを相対回転可能に連結するトーションバー等のねじれ量から操舵トルクを検出する。この検出された操舵トルクは、車速センサ１２によって検出された車速とともに、ＥＣＵ１０に入力される。また操舵ステアリングの操舵力をアシストするモータＭの回転数も、回転数センサ１３によって検出されＥＣＵ１０に入力される。ＥＣＵ１０に備えられたＣＰＵ１５は、インターフェース１４を介して入力される操舵トルク、車速およびモータ回転数に基づいて、モータ駆動回路１６へ送出すべき電流指令値を決定する。そして、モータ駆動回路１６では、ＣＰＵ１５から送出された電流指令値に対応する駆動電流をモータＭへ出力する。これにより、モータＭは操舵力を補助するためのアシストトルクを発生し、あるいはステアリングホイールを復元するためのトルクを発生する。

【００１８】次に、このＥＣＵ１０およびモータ駆動回路１６の主な電気的構成および動作を図２に基づいて説明する。本実施形態に係る電気式動力舵取装置では、前述した従来の電気式動力舵取装置の構成に加えてモータ回転速度検出手段３１およびステアリングホイール回転速度演算手段３２を備えている。即ち、ＥＣＵ１０およびモータ駆動回路１６では、主に、フィルタ回路２０、位相補償手段２１、アシストトルク決定手段２２、電流指令決定手段２３、増幅手段３３、ＰＷＭ回路２５、モータ電流検出手段２６、車速パルス検出手段２７、車速重み関数決定手段２８、乗算器２９、モータ回転速度検出手段３１およびステアリングホイール回転速度演算手段３２を備えており、モータ回転速度検出手段３１およびステアリングホイール回転速度演算手段３２が新たに加わったほか、増幅手段３３もその構成内容が従来のものと異なる。

【００１９】モータ回転速度検出手段３１は、操舵力を

補うモータＭの回転速度を検出するもので、例えば前述した回転数センサ１３がこれに相当する。モータＭの回転数は、図示しない減速機を介してステアリングホイールの回転数と比例関係にあるため、モータＭの回転数を検出することにより、相対的にステアリングホイールの回転数を検出することができる。そのため、後段のステアリングホイール回転速度演算手段３２により、ステアリングホイールの回転速度を演算したり、ステアリングホイールが動いているか否かを判断することができる。

【００２０】ステアリングホイール回転速度演算手段３２は、所定の回転速度演算処理によって、モータ回転速度検出手段３１により検出したモータＭの回転数をステアリングホイールの回転速度に変換する機能を有するものである。これにより、モータＭの回転速度に基づいて変換されたステアリングホイールの回転速度は次段の増幅手段３３に送出される。

【００２１】図３(A) に示すように、この増幅手段３３は、主に、増幅器３３ａ、重み付けマップ３３ｂ、乗算器３３ｃから構成されており、乗算器２９から入力された電流偏差を図３(B) に示す比例積分制御（以下「ＰＩ制御」という。）によって増幅した後、乗算器３３ｃにより重み付けマップ３３ｂに従って与えられる値を乗算、つまり重み付けしてＰＷＭ回路２５に出力する機能を有するものである。

【００２２】図３(B) に示すように、増幅器３３ａはＰＩ制御によるアルゴリズムにより実現されるものであり、乗算器２９から入力される、電流指令値と検出したモータ電流との偏差に基づいてＩゲインの高低を変化させることにより、モータＭに与えるモータ電流を帰還制御し得る役割を果たすものである。重み付けマップ３３ｂは、前述したステアリングホイール回転速度演算手段３２からのステアリングホイールの回転速度に対応した重み関数によって重み値となる０～１の間の値を与えられたデータ群である。例えば所定区間においてはステアリングホイールの回転速度の増加に比例して重み値も増加するが、この所定区間外においては重み値が一定になるように、ステアリングホイールの右切り、左切りのそれぞれについて設定されている。即ち、ステアリングホイールの回転速度が所定区間の下限速度以下の場合には重み値を０に設定し、ステアリングホイールの回転速度が所定区間の上限速度以上の場合には重み値を１に設定する。

【００２３】これにより、ステアリングホイールの回転速度が、所定区間内にあればステアリングホイールの回転速度の増減に比例して重み値も増減する一方、当該下限速度よりも遅いときには０の重み値が与えられ、当該上限速度よりも速いときには１の重み値が与えられる。なお、この重み付けマップ３３ｂは、重み値となる０～１の間の値を与えるデータ群により構成されることから、その値および配列を任意に変更することにより、一定の関数に基づいて帰還応答特性を変更する場合に比べ、帰還応答特性の変更を高い自由度の下で設定することができる。乗算器３３ｃは、増幅器３３ａから出力された電流指令値に、重み付けマップ３３ｂにより与えられた重み値（０～１）を乗算し、ステアリングホイールの回転速度に対応した重み付けを行うものである。

【００２４】このように増幅手段３３を構成することによって、モータＭに与えられるモータ電流値は、電流指令決定手段２３による電流指令値とモータ電流検出手段２６により検出されたモータ電流との偏差に基づいて帰還制御されるとともに、この帰還制御の応答特性、つまり帰還応答特性は、重み付けマップ３３ｂと乗算器３３ｃとによってステアリングホイールの回転速度に対応して重み付けされる。

【００２５】そして、前述したように、ステアリングホイールの回転速度が遅い場合には、小さい重み値（０ないしは０に近い値）を重み付けることにより、増幅手段３３の全体利得を低く設定する。これにより、図４に示す操舵速度（周波数）に対する電流ループの周波数応答ゲインの関係、即ち増幅手段３３から出力されたモータ電流指令値に対する実際にモータＭに流れた電流応答の関係は、同図に示す右下がり特性部分において実線βの特性に設定される。一方、ステアリングホイールの回転速度が速い場合には、大きい重み値（１ないしは１に近い値）を重み付けることにより、増幅手段３３の全体利得をステアリングホイールの回転速度が遅い場合よりも高く設定する。これにより、同図に示す右下がり特性部分において破線αの特性に設定される。また、ステアリングホイールの回転速度がこれらの間にある場合には、回転速度の増減に比例した重み値を０～１の間の値にすることにより、増幅手段３３の全体利得を回転速度の増減に応じた値に設定する。これによって同図に示す右下がり特性部分は、実線βと破線αとの間である斜線範囲内の特性に設定される。

【００２６】つまり、増幅手段３３の全体利得による帰還応答は、ステアリングホイールの回転速度が遅い場合には遅く、回転速度が速い場合には速くなるように、操舵状態により変化して設定される。そのため、車両を停車した状態でステアリングホイールを切る据え切り状態で、ステアリングホイールをゆっくり、即ち微速操舵している場合や、一定の切り角を維持、即ち保舵している場合には、増幅手段３３の帰還応答は遅く（重み付け０）設定されるため、図４に示す右下がり特性部分は実線βに移行する。このような帰還応答特性の変化により周波数応答が低くなるところ、モータの電流に含まれる高周波成分やノイズに対して帰還制御の反応は鈍くなるため、ステアリングホイールの振動やモータのうなり音が発生するという事態を防止することができる。

【００２７】一方、車両の走行中において、進路変更や危険回避のためにステアリングホイールの急操舵があっ

た場合には、増幅手段３３の帰還応答は速く（重み付け１）設定されるため、図４に示す右下がり特性部分は破線αに移行する。このような帰還応答特性の変化により周波数応答が高くなるところ、帰還制御の反応が鋭敏になるため、運転者の急操舵に対応した迅速なアシストが可能なる。これにより「ハンドルが急に重くなった」という操舵感を運転者に与える事態を防止することができる。なお、このような帰還応答特性の変化により周波数応答が高くなることにでステアリングホイールの振動やモータのうなり音が発生しても、走行中においては、車両周囲の風切り音やエンジン音等の方が大きいことから、運転者や乗員に及ぼす影響は極めて少ないと考えられる。

【００２８】ここで、ステアリングホイールの回転速度を、図２に示す電流指令決定手段２３に入力し、ステアリングホイールの回転速度に対応した利得により電流指令値を変化させる構成も考えられる。しかし、このような構成だけでは、その後段に位置する増幅手段の帰還利得自体を変化させることができない。したがって、急操舵や微速操舵に対応したモータによるアシストの軽重は制御できても、本実施形態に係る電気式動力舵取装置のように、モータの電流に含まれる高周波成分やノイズに対する影響までをも回避することはできない。

【００２９】以上説明したように、本実施形態に係る電気式動力舵取装置によると、電流指令決定手段２３により決定した電流指令値とモータ電流検出手段２６により検出したモータ電流との偏差に基づいて、増幅手段３３によりモータを帰還制御する一方、この増幅手段３３の帰還応答特性は、モータ回転速度検出手段３１およびステアリングホイール回転速度演算手段３２によるステアリングホイールの回転速度に対応して増幅手段３３の重み付けマップ３３ｂおよび乗算器３３ｃにより変更される。つまり、ステアリングホイールの操舵力を補うモータMは、ステアリングホイールの回転速度に対応して変更される帰還応答特性を有する帰還制御によって、電流指令値とモータ電流との偏差に基づいて制御される。したがって、ステアリングホイールの回転速度が遅い場合には帰還応答を遅く設定し、回転速度が速い場合には帰還応答を速く設定することにより、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る効果がある。

【００３０】なお、上述した本実施形態では、増幅手段３３を構成する増幅器３３ａの後段で重み付けマップ３３ｂおよび乗算器３３ｃにより所定の重み付けを行うことによって、応答特性変更手段を構成したが、本発明ではこれに限られることなく、増幅器３３ａのPゲインやＩゲインの高低を直接変化させる構成により、応答特性変更手段を構成しても良い。これにより、モータMを制御する手段としてＰＩ制御による増幅器を用いるという一般的な構成を変えることなく、その増幅器のＰＩゲインの上げ下げによって帰還応答特性の変更を任意に設定することができる。したがって、かかる一般的な構成の下で、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る効果がある。

【００３１】

【発明の効果】請求項１の発明では、電流指令手段、電流検出手段、モータ制御手段および応答特性変更手段を備える。これにより、電流指令手段により決定した電流指令値と電流検出手段により検出したモータ電流との偏差に基づいて、モータ制御手段によりモータを帰還制御する一方、このモータ制御手段の帰還応答特性は、ステアリングホイールの回転速度に対応して応答特性変更手段により変更される。つまり、ステアリングホイールの操舵力を補うモータは、ステアリングホイールの回転速度に対応して変更される帰還応答特性を有する帰還制御によって、電流指令値とモータ電流との偏差に基づいて制御される。したがって、ステアリングホイールの回転速度が遅い場合には帰還応答を遅く設定し、回転速度が速い場合には帰還応答を速く設定することにより、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る効果がある。

【００３２】請求項２の発明では、応答特性変更手段は、ステアリングホイールの回転速度に対して行われる重み付け演算であることから、その重み付けの設定により帰還応答特性の変更を任意に行うことができる。これにより、一定の関数に基づいて帰還応答特性を変更する場合に比べ、帰還応答特性の変更を高い自由度の下で設定することができる。したがって、より最適化された設定の下で、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る効果がある。

【００３３】請求項３の発明では、モータ制御手段は増幅手段であり、応答特性変更手段はステアリングホイールの回転速度に対して行われる増幅手段の増幅利得の変更であることから、モータ制御手段としての増幅手段の増幅利得を変更することにより帰還応答特性の変更を任意に行うことができる。これにより、モータ制御手段として増幅手段を用いるという一般的な構成を変えることなく、その増幅利得の上げ下げによって帰還応答特性の変更を任意に設定することができる。したがって、かかる一般的な構成の下で、走行時の急操舵において遅れることなく操舵力をアシストし、停車時の微速操舵や保舵においてはステアリングホイールの振動やモータのうなり音を抑制し得る効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の一実施形態に係る電気式動力舵取装置の主な電気的構成を示すブロック図である。

【図２】図１に示すＥＣＵおよびモータ駆動回路の主な電気的構成を示すブロック図である。

【図３】図３(A) は図２に示す増幅手段の構成を示すブロック図で、図３(B) は増幅器の概念を示すブロック線図である。

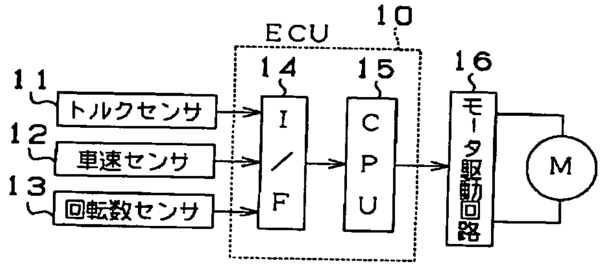
【図４】操舵速度（周波数）に対する電流ループの周波数応答ゲインの関係を示す説明図である。

【図５】従来の電気式動力舵取装置の主な電気的構成を示すブロック図である。

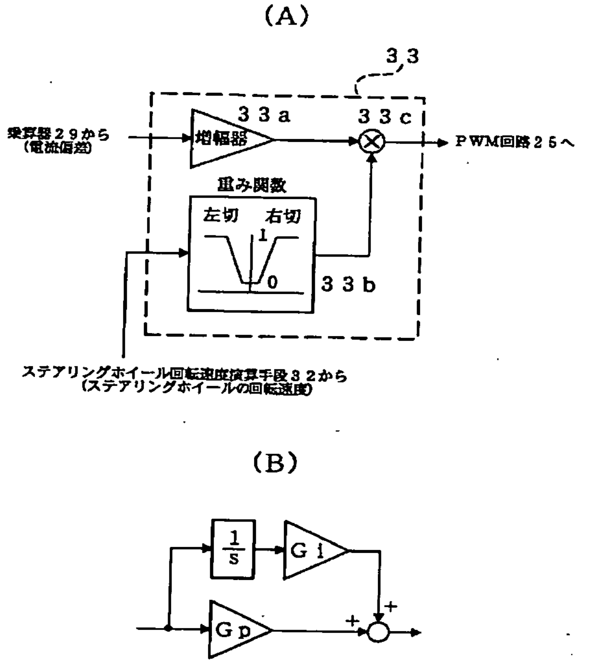
【符号の説明】

１０	ＥＣＵ	
１１	トルクセンサ	
１２	車速センサ	
１３	回転数センサ	
１５	ＣＰＵ	
１６	モータ駆動回路	
２２	アシストトルク決定手段	
２３	電流指令決定手段	（電流指令手段）
２５	ＰＷＭ回路	（モータ制御手段）
２６	モータ電流検出手段	（電流検出手段）
２９	加算回路	（モータ制御手段）
３１	モータ回転速度検出手段	（回転速度検出手段）
３２	ステアリングホイール回転速度演算手段	（回転速度検出手段）
３３	増幅手段	（モータ制御手段）
３３ａ	増幅器	（モータ制御手段）
３３ｂ	重み付けマップ	（モータ制御手段、応答特性変更手段）
３３ｃ	乗算器	（モータ制御手段、応答特性変更手段）
Ｍ	モータ	

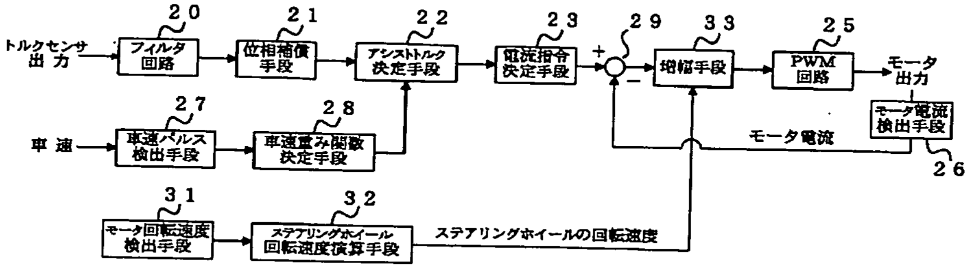
【図１】



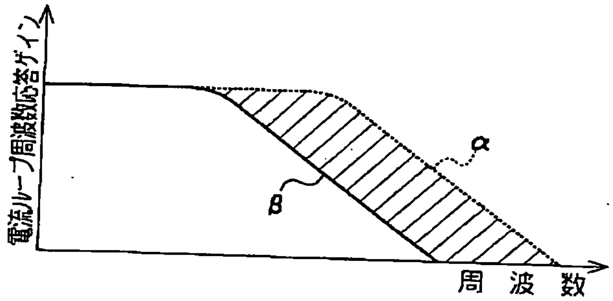
【図３】


(A)
33
33a
33c
乗算器２９から
(電流偏差)
増幅器
PWM回路２５へ
重み関数
左切
右切
1
0
33b
ステアリングホイール回転速度演算手段３２から
(ステアリングホイールの回転速度)
(B)

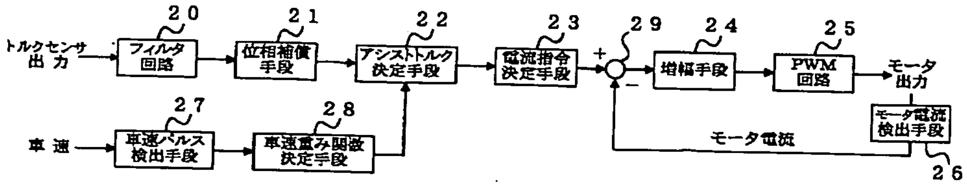
【図２】


トルクセンサ出力
フィルタ回路
２０
位相補償手段
２１
アシストトルク決定手段
２２
電流指令決定手段
２３
＋
－
２９
増幅手段
３３
PWM回路
２５
モータ出力
モータ電流検出手段
２６
モータ電流
車速
車速パルス検出手段
２７
車速重み関数決定手段
２８
モータ回転速度検出手段
３１
ステアリングホイール回転速度演算手段
３２
ステアリングホイールの回転速度

【図４】


電流ループ周波数応答ゲイン
周波数
α
β

【図５】



フロントページの続き

(72)発明者　鈴木　浩
愛知県刈谷市朝日町１丁目１番地　豊田工
機株式会社内

Ｆターム(参考)　3D032 DA09 DA23 EC22
3D033 CA13 CA19 CA20

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-239947
(43)Date of publication of application : 04.09.2001

---

(51)Int.Cl. B62D 6/00
B62D 5/04
// B62D101:00
B62D117:00
B62D119:00

---

(21)Application number : 2000-052805
(22)Date of filing : 29.02.2000

(71)Applicant : TOYODA MACH WORKS LTD
(72)Inventor : TAKEUCHI SHINJI
TAKAHASHI TOSHIHIRO
SUZUKI HIROSHI

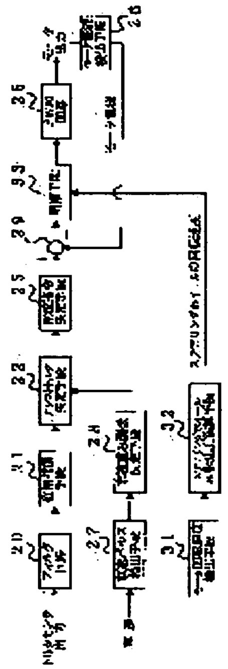
---

(54) ELECTRIC POWER STEERING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electric power steering device capable of assisting steering force without delaying in sudden steering at traveling time and restraining vibration of a steering wheel and a beat sound of a motor in crawling steering and retentive steering at stopping time.

SOLUTION: While this electric power steering device controls the motor by making a feedback process by an amplifying means 33 on the basis of a deviation between a current command value decided by a current command deciding means 23 and a motor current detected by a motor current detecting means 26, a feedback response characteristic of this amplifying means 33 is changed by a weighting map of the amplifying means 33 and a multiplier in reponse to a rotating speed of the steering wheel by a steering wheel rotating speed operation means 32 to thereby assist the steering force without delaying in the sudden steering at traveling time to restrain the vibration of the steering wheel and the beat sound of the motor in the crawling steering and the retentive steering at stopping time.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.03.2003
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]

[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

[Claim(s)]

[Claim 1] A current command means to be electric-type power steering equipped with the motor with which a control force is compensated based on the steering torque generated in a steering shaft, and to determine the current command value to said motor based on said steering torque, A current detection means to detect the motor current which flows on said motor, and the motor control means which carries out feedback control of said motor based on the deflection of said current command value and said motor current, A rotational-speed detection means to detect the rotational speed of said steering wheel, Electric-type power steering characterized by having a response characteristic modification means to change the feedback response characteristic of said motor control means corresponding to the rotational speed of said steering wheel detected with said rotational-speed detection means.

[Claim 2] Said response characteristic modification means is electric-type power steering according to claim 1 characterized by being the weighting operation performed to the rotational speed of said steering wheel.

[Claim 3] It is electric-type power steering according to claim 1 which said motor control means is a magnification means, and is characterized by said response characteristic modification means being modification of the magnification gain of said magnification means made to the rotational speed of said steering wheel.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the electric-type power steering which assists the control force by the steering wheel by the motor.

[0002]

[Description of the Prior Art] The configuration as shown in drawing 5 was used for conventional electric-type power steering. That is, a noise component is removed by the filter circuit 20, and the torque signal outputted from the torque sensor which detects steering torque is inputted into the assistant torque decision means 22 after a phase is advanced, in order to make responsibility over a torque-sensor output quick with the phase compensation means 21 further. After the vehicle speed signal outputted from a vehicle speed pulse detection means 27 to detect the vehicle speed, on the other hand is carried out in weighting according to the vehicle speed by the vehicle speed weight function decision means 28, it is inputted into the assistant torque decision means 22.

[0003] In order to assist a control force with the assistant torque decision means 22 based on the vehicle speed signal by which weighting was carried out to the torque signal by which phase compensation was carried out, the current value corresponding to the torque (henceforth "assistant torque") which a motor is made to generate is determined, and it outputs to the current command decision means 23. And with the current command decision means 23, the current command value which should be sent out to a motor based on this current value is determined.

[0004] Thus, after the determined current command value is amplified by predetermined gain by the magnification means 24, it is changed into the pulse signal which has the pulse width corresponding to a current command value by the PWM circuit 25, and is outputted to a motor. And the motor current which flowed on this motor returns to the adder circuit 29 established in the preceding paragraph of the magnification means 24 after being detected by the motor current detection means 26, and feedback control of the motor current newly given so that a current command value and the detection value of a motor current may be in agreement is carried out.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Here, as shown in drawing 4 , it has the property that the response of the current which flows on a motor as the frequency of a current command value will generally become high, if its attention is paid to the relation of the current response which flowed on the motor in fact to the motor current value outputted, the relation 24, i.e., the magnification means, of frequency-response gain of the current loop to a steering rate (frequency), becomes slow.

[0006] When a steering wheel is turned off rapidly, in order that the response of the current which flows on a motor to a current command value may be overdue by this, assistance of the control force by the motor gives an operator behind time a feeling of steering "the handle became heavy suddenly." Instead of assistance of the control force by the motor being attained without being late also for sudden steering, if the speed of response of the current which flows on a motor is raised on the other hand (that to which the lower right shown in drawing 4 made the ****** part the broken line alpha), it appears as a beat sound of vibration of a steering wheel or a motor by the high frequency component and noise which are contained in the current of a motor, and displeasure is given to an operator etc. That is, "assisting a control force, without being late also for sudden steering" and "controlling the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor" are demands which have a rebellion relation mutually.

[0007] While such a demand exists, in conventional electric-type power steering as shown in drawing 5 , the current command value determined by the current command decision means 23 takes the configuration amplified by "predetermined gain" by the magnification means 24. That is, since the magnification gain of the magnification means 24 is being fixed, a ****** part is set as the property that the lower right shown in drawing 4 was fixed in either of the slash fields. Therefore, the technical trouble that it cannot but become the design which thought as important either "the thing assisted for a control force, without being late also for sudden steering" which has a rebellion relation mutually, and "controlling the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor" is held.

[0008] The place where a surrounding noise tends to worry it compared with the time of transit especially at the time of a stop, the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor turns into a jarring noise, and reaches the lug of crews, such as an operator. Therefore, "controlling the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor" is the technical problem which should be solved also in order to provide crew with more comfortable space in the car.

[0009] The place which it is made in order that this invention may solve the technical problem mentioned above, and is made into the purpose assists a control force, without being behind in sudden steering at the time of transit, and is to offer the electric-type power steering which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop, or ****.

[0010]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, in the electric-type power steering of claim 1 A current command means to be electric-type power steering equipped with the motor with which a control force is compensated based on the steering torque generated in a steering shaft, and to determine the current command value to said motor based on said steering torque, A current detection means to detect the motor current which flows on said motor, and the motor control means which carries out feedback control of said motor based on the deflection of said current command value and said motor current, It makes into a technical feature to have a rotational-speed detection means to detect the rotational speed of said steering wheel, and a response characteristic modification means to change the feedback response characteristic of said motor control means corresponding to the rotational speed of said steering wheel detected with said rotational-speed detection means.

[0011] Moreover, in the electric-type power steering of claim 2, said response characteristic modification means makes it a technical feature to be the weighting operation performed to the rotational speed of said steering wheel in claim 1.

[0012] Furthermore, in the electric-type power steering of claim 3, in claim 1, said motor control means is a magnification means, and said response characteristic modification means makes it a technical feature to be modification of the magnification gain of said magnification means made to the rotational speed of said steering wheel.

[0013] In invention of claim 1, it has a current command means, a current detection means, a motor control means, and a response characteristic modification means. While carrying out feedback control of the motor with a motor control means by this based on the deflection of the current command value determined with the current command means, and the motor current detected with the current detection means, the feedback response characteristic of this motor control means is changed by the response characteristic modification means corresponding to the rotational speed of a steering wheel. That is, the motor with which the control force of a steering wheel is compensated is controlled by feedback control which has the feedback response characteristic changed corresponding to the rotational speed of a steering wheel based on the deflection of a current command value and a motor current.

[0014] In invention of claim 2, since a response characteristic modification means is a weighting operation performed to the rotational speed of a steering wheel, it can change a feedback response characteristic into arbitration by setup of the weighting. Compared with the case where this changes a feedback response characteristic based on a fixed function, modification of a feedback response characteristic can be set up with a high degree of freedom.

[0015] In invention of claim 3, a motor control means is a magnification means, and since a response characteristic modification means is modification of the magnification gain of a magnification means made to the rotational speed of a steering wheel, it can change a feedback response characteristic into arbitration by changing the magnification gain of the magnification means as a motor control means. Modification of a feedback response characteristic can be set as arbitration by taking up and down of the magnification gain, without this changing the general configuration of using a magnification means as a motor control means.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of the electric-type power steering of this invention is explained with reference to drawing. In addition, as electric-type power steering of this invention, the electric-type power steering with which cars, such as an automobile, were equipped is mentioned as an example, and the following operation gestalten explain it. Moreover, about the same configuration as the conventional electric-type power steering shown in drawing 5 , the explanation is omitted using the same sign.

[0017] First, the main electric configurations of electric-type power steering are explained based on drawing 1 . the output shaft connected with the input shaft with which the torque sensor 11 was connected with the steering steering of a car, and the steering gear style -- relativity -- steering torque is detected from the amounts of torsion, such as a torsion bar spring connected pivotable. This detected steering torque is inputted into ECU10 with the vehicle speed detected by the speed sensor 12. Moreover, the rotational frequency of the motor M which assists a steering steering [control force] is also detected by the rotational frequency sensor 13, and is inputted into ECU10. CPU15 with which ECU10 was equipped determines the current command value which should be sent out to the motorised circuit 16 based on the steering torque, the vehicle speed, and the motor rotational frequency which are inputted through an interface 14. And in the motorised circuit 16, the drive current corresponding to the current command value sent out from CPU15 is outputted to Motor M. Thereby, Motor M generates the torque for generating the assistant torque for assisting a control force, or restoring a steering wheel.

[0018] Next, the main electric configurations and actuation of this ECU10 and the motorised circuit 16 are explained based on drawing 2 . In addition to the configuration of conventional electric-type power steering mentioned above, in the electric-type power steering concerning this operation gestalt, it has the motor rotational-speed detection means 31 and the steering wheel rotational-speed operation means 32. namely, in ECU10 and the motorised circuit 16 Mainly A filter circuit 20, the phase compensation means 21, the assistant torque decision means 22, the current command decision means 23, the magnification means 33, the PWM circuit 25, the motor current detection means 26, the vehicle speed pulse detection means 27, the vehicle speed weight function decision means 28, a multiplier 29, the motor rotational-speed detection means 31 And it has the steering wheel rotational-speed operation means 32, and the motor rotational-speed detection means 31 and the steering wheel rotational-speed operation means 32 were newly added, and also the magnification means 33 differs from the thing of the former [contents / of a configuration / the].

[0019] The motor rotational-speed detection means 31 detects the rotational speed of the motor M with which a control force is compensated, and the rotational frequency sensor 13 mentioned above is equivalent to this. Since the rotational frequency of Motor M is in the rotational frequency and proportionality of a steering wheel through the reducer which is not illustrated, the rotational frequency of a steering wheel is relatively detectable by detecting the rotational frequency of Motor M. Therefore, with the latter steering wheel rotational-speed operation means 32, the rotational speed of a steering wheel can be calculated or it can judge whether the steering wheel is moving.

[0020] The steering wheel rotational-speed operation means 32 has the function to change into the rotational speed of a steering wheel the rotational frequency of the motor M detected with the motor rotational-speed detection means 31 by predetermined rotational-speed data processing. Thereby, the rotational speed of the steering wheel changed based on the rotational speed of Motor M is sent out to the magnification means 33 of the next step.

[0021] Drawing 3 (A) So that it may be shown this magnification means 33 Proportional-plus-integral control which shows the current deflection which consists of amplifier 33a, weighting map 33b, and multiplier 33c, and was mainly inputted from the multiplier 29 to drawing 3 (B) (it is called "PI control" below.) After amplifying, it has multiplication, i.e., the function which carries out weighting and which is outputted to the PWM circuit 25, for the value given by multiplier 33c according to weighting map 33b.

[0022] Drawing 3 (B) The algorithm by PI control realizes and amplifier 33a plays the role which can carry out feedback control of the motor current given to Motor M by changing the height of I gain based on the deflection of the current command value and the detected motor current inputted from a multiplier 29 so that it may be shown. Weighting map 33b is the data constellation which was able to give the value between 0-1 which become a weight value with the weight function corresponding to the rotational speed of the steering wheel from the steering wheel rotational-speed operation means 32 mentioned above. For example, although a weight value also increases in proportion to the increment in the rotational speed of a steering wheel in the predetermined section, it is set up about each of the right end of a steering wheel and the left end so that a weight value may become fixed at the outside of this predetermined section. That is, when the rotational speed of a steering wheel is below a minimum rate of the predetermined section, a weight value is set as 0, and when the rotational speed of a steering wheel is more than an upper limit rate of the predetermined section, a weight value is set as 1.

[0023] If the rotational speed of a steering wheel is within the predetermined section, while it will also fluctuate a weight value in proportion to the change in the rotational speed of a steering wheel by this, when later than the minimum rate concerned, the weight value of 0 is given, and when quicker than the upper limit rate concerned, the weight value of 1 is given. In addition, since this weighting map 33b is constituted by the data constellation which gives the value between 0-1 used as a weight value, it can set up modification of a feedback response characteristic under a high degree of freedom by changing that value and array into arbitration compared with the case where a feedback response characteristic is changed based on a fixed function. Multiplier 33c carries out the multiplication of the weight value (0-1) given to the current command value outputted from amplifier 33a by weighting map 33b, and performs weighting corresponding to the rotational speed of a steering wheel.

[0024] Thus, while feedback control of the motor current value given to Motor M by constituting the magnification means 33 is carried out based on the deflection of the current command value by the current command decision means 23, and the motor current detected by the motor current detection means 26, corresponding to the rotational speed of a steering wheel, weighting of the response characteristic, i.e., feedback response characteristic, of this feedback control is carried out by weighting map 33b and multiplier 33c.

[0025] And as mentioned above, when the rotational speed of a steering wheel is slow, the whole magnification means 33 gain is low set up for a small weight value (value near 0 or 0) by weighting ******. Thereby, the lower right to the motor current command value outputted, the relation 33, i.e., the magnification means, of frequency-response gain of the current loop to the steering rate (frequency) shown in drawing 4 , which shows the relation of the current response which flowed on Motor M in fact in this drawing is set as the property of a continuous line beta in a ****** part. On the other hand, when the rotational speed of a steering wheel is quick, the whole magnification means 33 gain is set up for a large weight value (value near 1 or 1) by weighting ****** more highly than the case where the rotational speed of a steering wheel is slow. Thereby, the lower right shown in this drawing is set as the property of a broken line alpha in a ****** part. Moreover, when the rotational speed of a steering wheel is among these, the whole magnification means 33 gain is set as the value according to the change in rotational speed by making the weight value proportional to the change in rotational speed into the value between 0-1. A ****** part is set as the property of slash within the limits whose lower right shown in this drawing by this is between a continuous line beta and a broken line alpha.

[0026] That is, the feedback response by the whole magnification means 33 gain is slow when the rotational speed of a steering wheel is slow, and when rotational speed is quick, it changes with steering conditions and it is set up so that it may become quick. therefore, a steering wheel is turned off where a car is stopped -- setting -- an end condition -- a steering wheel -- slowly -- namely, since the feedback response of the magnification means 33 is set up late (weighting 0) when carrying out crawling steering, or when maintaining namely, ****(ing) the fixed end angle, as for a ****** part, the lower right shown in drawing 4 shifts to a continuous line beta. Since the reaction of feedback control becomes blunt to the high frequency component and noise which are contained in the current of a motor the place where a frequency response becomes low by change of such a feedback response characteristic, the situation where the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor occurs can be prevented.

[0027] On the other hand, since the feedback response of the magnification means 33 is set up quickly (weighting 1) when sudden steering of a steering wheel is during transit of a car for course modification or risk aversion, as for a ****** part, the lower right shown in drawing 4 shifts to a broken line alpha. ** in which the quick assistance corresponding to sudden steering of an operator is possible the place where a frequency response becomes high by change of such a feedback response characteristic since the reaction of feedback control becomes sharp The situation where this gives an operator a feeling of steering "the handle became heavy suddenly" can be prevented. In addition, it is that a frequency response becomes high by change of such a feedback response characteristic, and since the whizzing sound of the perimeter of a car, the engine sound, etc. are louder during transit even if the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor occurs, it is thought that there is very little effect affect an operator and crew.

[0028] Here, it inputs into the current command decision means 23 which shows the rotational speed of a steering wheel in drawing 2 , and the configuration to which a current command value is changed by the gain corresponding to the rotational speed of a steering wheel is also considered. However, the feedback gain of a magnification means itself located in the latter part cannot be changed only with such a configuration. Therefore, even if the gravity of the assistance by the motor corresponding to sudden steering or crawling steering is controllable, it cannot avoid even effect to the high frequency component or noise which are contained in the current of a motor like the electric-type power steering concerning this operation gestalt.

[0029] As explained above, according to the electric-type power steering concerning this operation gestalt It is based on the deflection of the current command value determined with the current command decision means 23, and the motor current detected with the motor current detection means 26. While carrying out feedback control of the motor with the magnification means 33, the feedback response characteristic of this magnification means 33 Corresponding to the rotational speed of the steering wheel by the motor rotational-speed detection means 31 and the steering wheel rotational-speed operation means 32, weighting map 33b and multiplier 33c of the magnification means 33 change. That is, the motor M with which the control force of a steering wheel is compensated is controlled by feedback control which has the feedback response characteristic changed corresponding to the rotational speed of a steering wheel based on the deflection of a current command value and a motor current. Therefore, a control force is assisted without being behind in sudden steering at the time of transit by setting up a feedback response late, and setting up a feedback response quickly, when rotational speed is quick, when the rotational speed of a steering wheel is slow, and there is effectiveness which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop or ****.

[0030] In addition, although the response characteristic modification means was constituted from this operation gestalt mentioned above by performing predetermined weighting by weighting map 33b and multiplier 33c in the latter part of amplifier 33a which constitutes the magnification means 33, the configuration to which the height of P gain of amplifier 33a or I gain is changed directly may constitute a response characteristic modification means from this invention, without being restricted to this. Modification of a feedback response characteristic can be set as arbitration by taking up and down of PI gain of the amplifier, without this changing the general configuration of using the amplifier by PI control, as a means to control Motor M. Therefore, a control force is assisted without being behind in sudden steering at the time of transit under a general configuration of starting, and there is effectiveness which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop or ****.

[0031]

[Effect of the Invention] In invention of claim 1, it has a current command means, a current detection means, a motor control means, and a response characteristic modification means. While carrying out feedback control of the motor with a motor control means by this based on the deflection of the current command value determined with the current command means, and the motor current detected with the current detection means, the feedback response characteristic of this motor control means is changed by the response characteristic modification means corresponding to the rotational speed of a steering wheel. That is, the motor with which the control force of a steering wheel is compensated is controlled by feedback control which has the feedback response characteristic changed corresponding to the rotational speed of a steering wheel based on the deflection of a current command value and a motor current. Therefore, a control force is assisted without being behind in sudden steering at the time of transit by setting up a feedback response late, and setting up a feedback response quickly, when rotational speed is quick, when the rotational speed of a steering wheel is slow, and there is effectiveness which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop or ****.

[0032] In invention of claim 2, since a response characteristic modification means is a weighting operation performed to the rotational speed of a steering wheel, it can change a feedback response characteristic into arbitration by setup of the weighting. Compared with the case where this changes a feedback response characteristic based on a fixed function, modification of a feedback response characteristic can be set up under a high degree of freedom. Therefore, a control force is assisted without being behind in sudden steering at the time of transit under a setup optimized more, and there is effectiveness which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop or ****.

[0033] In invention of claim 3, a motor control means is a magnification means, and since a response characteristic modification means is modification of the magnification gain of a magnification means made to the rotational speed of a steering wheel, it can change a feedback response characteristic into arbitration by changing the magnification gain of the magnification means as a motor control means. Modification of a feedback response characteristic can be set as arbitration by taking up and down of the magnification gain, without this changing the general configuration of using a magnification means as a motor control means. Therefore, a control force is assisted without being behind in sudden steering at the time of transit under a general configuration of starting, and there is effectiveness which can control the beat sound of vibration of a steering wheel or a motor in crawling steering at the time of a stop or ****.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram showing the main electric configurations of the electric-type power steering concerning 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 2] It is the block diagram showing the main electric configurations of the ECU and the motorised circuit which are shown in drawing 1 .

[Drawing 3] Drawing 3 (A) It is the block diagram showing the configuration of the magnification means shown in drawing 2 , and is drawing 3 (B). It is the block diagram showing the concept of an amplifier.

[Drawing 4] It is the explanatory view showing the relation of the frequency-response gain of the current loop to a steering rate (frequency).

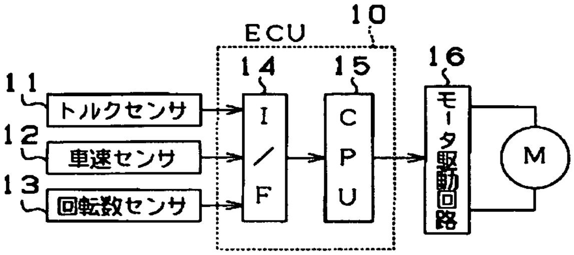
[Drawing 5] It is the block diagram showing the main electric configurations of conventional electric-type power steering.

[Description of Notations]

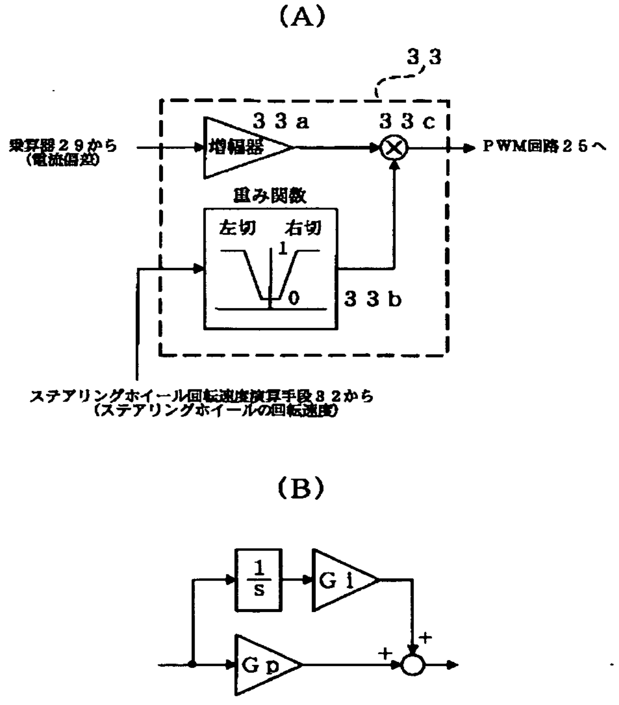
10 ECU
11 Torque Sensor
12 Speed Sensor
13 Rotational Frequency Sensor
15 CPU

16 Motorised Circuit
22 Assistant Torque Decision Means
23 Current Command Decision Means (Current Command Means)
25 PWM Circuit (Motor Control Means)
26 Motor Current Detection Means (Current Detection Means)
29 Adder Circuit (Motor Control Means)
31 Motor Rotational-Speed Detection Means (Rotational-Speed Detection Means)
32 Steering Wheel Rotational-Speed Operation Means (Rotational-Speed Detection Means)
33 Magnification Means (Motor Control Means)
33a Amplifier (motor control means)
33b Weighting map (a motor control means, response characteristic modification means)
33c Multiplier (a motor control means, response characteristic modification means)
M Motor

[Drawing 1]

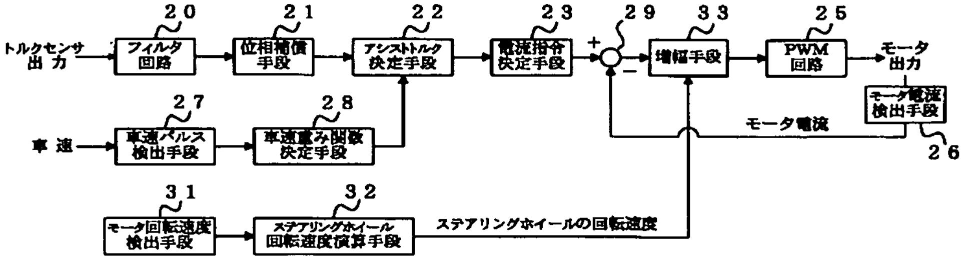


[Drawing 3]

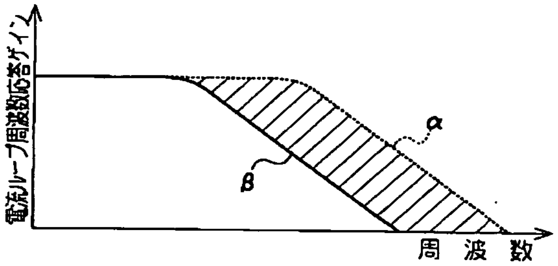


BEST AVAILABLE COPY

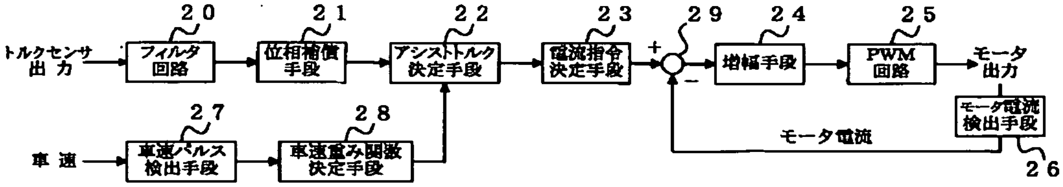
[Drawing 2]



[Drawing 4]



[Drawing 5]



BEST AVAILABLE COPY